

# 次期学習指導要領で求められる理科教育の充実に向けた授業実践の提案

—実験・観察から得られるグラフを重視し、学びの質を高める教材作り—

Research on the Science Experiment Learned from the Next Government Guidelines for Teaching

木村 憲喜  
KIMURA Noriyoshi  
(和歌山大学教育学部)

石坂 敦  
ISHISAKA Atsushi  
(和歌山大学大学院  
教育学研究科)

前島 康二  
MAESHIMA Koji  
(和歌山大学大学院  
教育学研究科)

受理日 平成 30 年 1 月 27 日

**抄録：**本研究では、次期学習指導要領で求められている理数教育の充実や学びの質を高める方法として、得られた実験データをグラフ化する取り組みを行った。そして、このグラフを使って、日常生活で見られる自然現象を明らかにしようとした。この実践例について紹介する。

**キーワード：**学習指導要領、理科実験、グラフ作成、自然現象、気圧変化、毛細管現象

## 1. はじめに

2020 年に実施される次期学習指導要領<sup>1)</sup>において、理数教育の充実が改善事項として取り上げられている。具体的には、現指導要領改訂において 2-3 割程度授業時間数を増加し、充実させた内容を今回も維持する。そして、日常生活などから問題を見いだす活動や見通しをもった観察、実験などの充実により、学習の質を向上させる。さらに、必要なデータを収集分析し、その傾向を踏まえて課題を解決するための統計教育の充実、自然災害に関する内容の充実が求められている。加えて、主体的、対話的で深い学びを必要とすることが述べられている。理科では、生徒に「何を明らかにするために実験を行うか」をよく考えさせ、得られたデータを生徒間で共有し合い、その後実験結果の妥当性を議論することが大切であると思われる。このような取り組みを通して、子どもたちの理解の質を高めていくことが学びの質の向上につながっていくと考えられる<sup>2)</sup>。本研究では、このような視点に立って、理科の実験を実践してみた。

これまで、小学校における理科教育の抱える課題としては、子どもたちの理科に関する知識は豊富であるが、図や絵を見て考える力が不足していると思われる。新しい学習指導要領では、これらの課題に対応するために実験データをきちんと分析する力の養成が求められている。そこで、今回、理科実験とグラフ作成を組

み合わせた理数教育の授業を提案する。

## 2. 日常生活に見られる自然現象

今回、日常の生活で観測できる現象として台風接近時の気圧変化<sup>3)</sup>と毛細管現象<sup>4, 5)</sup>を取り上げる。この 2 つのテーマは、5 年生理科「わくわく理科 (啓林館)<sup>6)</sup>」の「台風と気象現象」、6 年生算数「わくわく算数 (啓林館)<sup>7)</sup>」の「比例と反比例」でそれぞれ実践することが可能である。これらの教材は、どちらも実験や観察をした後、算数の知識を使ってグラフを作成する学習活動である。そして、いずれも 2 限 (45 分×2) の時間を想定している。

台風接近時の気圧変化では、まず台風が接近することにより、天気が大きく変化することなどを説明する。その後、観測された気圧データをグラフ化し、実験からさまざまな関係を見出すことを考えた。図 1, 2 に示したグラフは 2017 年 9 月 17 日と 10 月 22 日に台風 18 および 21 号が和歌山県海南市にそれぞれ接近したときの気圧変化である。観測は、市販されている島津理化社製 PS-2154A 気象センサーによって測定し、島津理化社製 PS-2100 インターフェースを用いてコンピュータによる自動計測を行った。今回のグラフは、測定開始後、5 分ごとの気圧をプロットしたものである。また、本研究では実際に気圧を測定したが、インターネットなどで気象情報を集める方法もある<sup>6)</sup>。

生徒への説明として、まず、台風が接近すると強い風が吹いたり、短い時間に大雨がふったりするが、その原因が主に気圧の低下によることを確認する。その後、図1、2で作成したグラフを生徒で共有し合い、どの時間から天気に変化するかを考察する。さらに、台風が観測地である海南市に最も近づいた時間を考える。

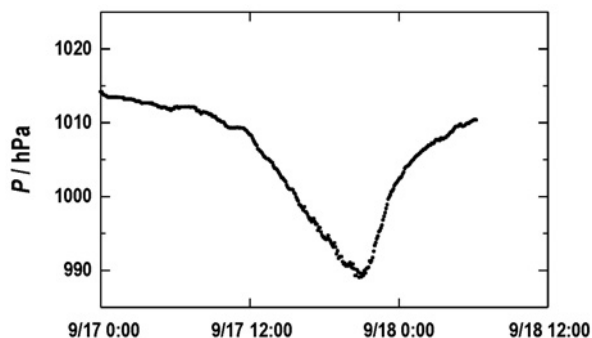


図1 台風18号接近時および接近後の気圧変化  
(測定日: 2017年9月17-18日; 測定場所: 和歌山県海南市)

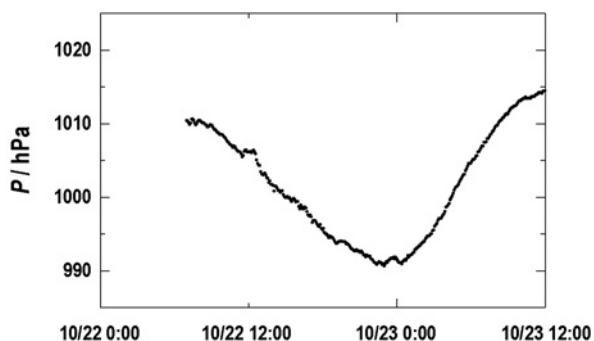


図2 台風21号接近時および接近後の気圧変化  
(測定日: 2017年10月22-23日; 測定場所: 和歌山県海南市)

最後に、接近時のグラフの傾きと通過後のグラフの傾きが異なることから、偏西風により台風の速さが変化していることを推察する(図1: 17日19時30分: 時速35km, 18日5時30分: 時速80km; 図2: 22日21時30分: 時速50km, 23日6時00分: 時速60km)。このように、グラフを利用することにより、台風接近時の天気の変化や台風の動きなどを可視化でき、グラフを読み取ることにより理科の学びの質を向上させることが可能だと思われる。

次に、毛細管を使った実験を取り上げる。毛細管の径(D/mm)と上昇した水面の高さ(ΔH/mm)の関係をプロットしたグラフを図3に示す<sup>4,5)</sup>。

一般に、毛細管の径が小さいほど、水の表面張力によって水面が上昇する。そして、水面の上昇は毛細管の径に反比例することが知られている<sup>8)</sup>。図3の測定データは、この関係を満たしている。反比例の関係は小学校の算数6で学習するが、日常生活などからこの関係を見いだす活動は、小学校でこれまでほとんど行

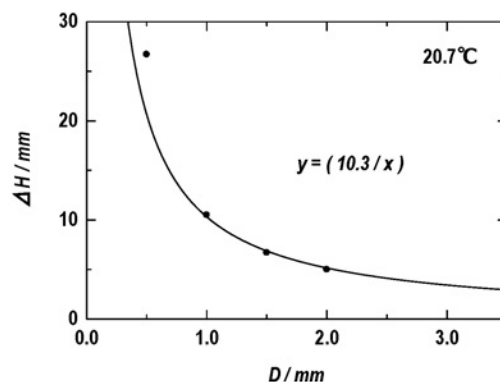


図3 水を用いたときの毛細管実験器のガラス管の直径(D/mm)と液面上昇の高さ(ΔH/mm)の関係

われていない。そこで、今回毛細管現象をテーマにした実験と反比例の関係を見いだす教材<sup>8)</sup>を提案し、小学校で学習活動を行った。また、毛細管はスポーツ飲料など水に塩を加えることで、水溶液の単位体積あたりの重さが変わり水面の高さが低下するなど、見通しをもったさまざまな実験を行うことが可能である<sup>5)</sup>。

### 3. 提案授業の内容と実践

#### 3.1. 授業の内容

毛細管現象を題材にした理科実験を2015年2月23日に和歌山市立藤戸台小学校で行った。今回の授業は小学6年生の理科と算数(比例と反比例)において、教科横断的な取り組みとして実施した<sup>9)</sup>。そして、この取り組みで実験結果をグラフ化してグループで検討する活動を設定した。この授業の指導案の一部とワークシートを資料1-4に示す。

この授業では、児童の主体性を重視し、実験で得られた数値を元にして、グループごとに結果を示すグラフを描画することとした。グラフの書き方の指示・手順などは最小限に留め、グループ内で協力し試行錯誤させることによって、グラフを完成させることとした(写真1)。また、グラフの読み解き結果については、グループ内での話し合いをもとにしてホワイトボードに記入し、黒板上に貼り付けて容易に各班の結果の比較ができるように配慮した(写真2)。



写真1 得られたデータをもとにしたグラフの作製

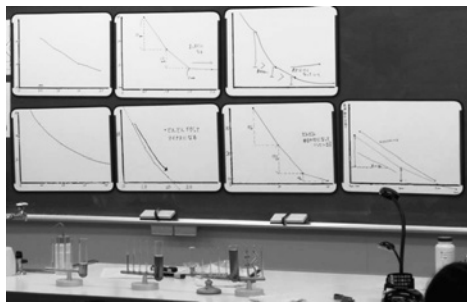


写真2 各班でまとめた結果と作製したグラフ

### 3.2. 実験方法

今回、市販されている毛細管実験器（3BScientific 社製：毛細管のガラス管の内径  $D=0.5, 1.0, 1.5, 2.0\text{mm}$ ；NaRiKa 社製：毛細管のガラス管の内径  $D=0.5, 1.0, 1.5, 2.0\text{mm}$ ）を用いて毛細管現象を観察した<sup>5)</sup>。各実験器に食紅を加えた適量の水を注いでしばらく静置させた後、試料を注いだガラス管の水面を基準とし、この点から毛細管の水面までの高さ（ $\Delta H$ ）を測定した。

### 3.3. グラフを用いた授業の成果

本研究で、得られた実験データから規則性や傾向を見いだす授業を試みた結果、理科と算数が深く関係することに興味をもった児童が多く見られた。しかしながら、グラフを作成するのが難しかったという意見もあった。実際、グラフの作成では曲線を描くことができていたグループは半数程度であった。曲線を描くことができたグループも反比例の関係（規則性）まで理解できている児童は少数であった。今後、小学校の段階では実験データをグラフ化した際は数値できちんと規則性を再確認する必要があることがわかった。

一方で、今回、実験とグラフ作成を同じグループで連続した2つの授業で行い、児童が主体的に活動できるように工夫した。そして、児童は試行錯誤しながら協力してグラフを完成させた。その後、他のグループのデータを比較することで、グラフが曲線になることを共有することができた。

### 3.4. 当実践における課題

毛細管現象を題材にした実験では、毛細管の径と水面の高さの関係はほぼ反比例となっていたが、測定誤差の知識が新たに必要であることがわかった。測定データをグラフ化し、グループで得られた結果を話し合うことにより自然界の法則性や傾向を見いだすことは可能であると思われる。しかし、今回の実験では、小学校の段階で誤差の知識が必要であり、得られた値に幅を持たせてプロットし、直線でないこと（反比例の関係性）を見いだす指導法が今後求められることが

わかった。

## 4. 成果と今後の課題

本研究では、次期学習指導要領の改訂に従って、グラフ作成を取り入れた理科実験の教材開発や実践に取り組んだ。その結果、測定データをグラフ化することにより、より深い学びを提供することが可能となった。特に、児童が主体的になって実験と実験から得られたデータを、グラフを使ってまとめることは、理科や算数など幅広い知識を使って課題を解決する力が必要である。この点に関しては、ある程度効果があったと考える。しかし、小学校において実験の誤差の取り扱い方などに問題が生じた。一般的に、誤差を小学生に理解させることはかなり難しいと考えられる。そして、小学校段階ではあまり誤差が生じないような実験が数多く設定されている。つまり、誤差が生じる実験は、小学生の発達段階を超えたものと考えられる。しかしながら、誤差の小さな実験は自然界で非常に少なく、学びの質の高まりや深い学びとは相反することとなるので配慮が必要であると思われる。さらに、主体的、対話的で深い学びを提供するために、考えるための教材や手法以外に問題提起や質問内容などの工夫も大切であると思われる。今後、これらの点に注目し、深い学びの授業づくりに取り組んでいきたいと考えている。

本研究は、平成26年度文部科学省総合的な教師力向上のための調査研究事業からの補助を受けて行ったものである。

### 参考文献

- 1) 木下博義, 理科の教育, 66, 296 (2017).
- 2) 松浦拓也, 理科の教育, 67, 9 (2018).
- 3) 木村憲喜, 小山慶朗, 鶴飼諭, 谷口直紀, 石塚互, 和歌山大学教育学部紀要 (自然科学), 64, 25 (2014).
- 4) 石坂敦, 鎌倉伸也, 木村憲喜, 和歌山大学教育学部紀要 (自然科学), 66, 21 (2016).
- 5) 前島康二, 杉谷隆太, 石坂敦, 木村憲喜, 和歌山大学教育学部紀要 (自然科学), 67, 23 (2017).
- 6) 石浦章一, 鎌田正裕, 吉川弘之他, 「わくわく理科5」, p.56 (2015).
- 7) 清水静海, 船越俊介, 根上生也, 寺垣内政一他, 「わくわく算数6」, p.144 (2015).
- 8) 岡本和夫, 小関照純, 森杉馨, 佐々木武他, 「未来へひろがる数学1」, p.115 (2012).
- 9) 平成26年度文部科学省総合的な教師力向上のための調査研究事業報告書 (2015).

## 資料 1

## 学習指導案

## 1. 授業者、補助者

理科：和歌山大学大学院教育学研究科 教科教育専攻 理科教育専修 所属学生 2名

数学：和歌山大学大学院教育学研究科 教科教育専攻 数学教育専修 所属学生 2名

## 2. 単元 比例・反比例

## 3. 学年・組 6年3組

## 4. 本時について

(理科)

毛細管現象を紹介する。また、身のまわりの毛細管現象（例えば、植物が高い木の上の葉まで水を運ぶことができるのはなぜか）について、興味を持たせたい。

## 5. 本時の目標

(理科)

毛細管現象の規則性に気付く。特に、管の太さ(内径)と上昇する水面の高さの関係性を、実験から導き出すことができるようにしたい。

## 6. 準備物

(理科)

実験装置①、実験装置②（毛細管）、実験道具③（三角柱の容器）、食紅、ガラス棒、ビーカー、メスシリンダー、ガラスのコップ（グラス）、雑巾、キッチンペーパー、定規、キャピラリー(もしくはストローなど)、ワークシート、タブレット端末

## 7. 本時の展開（理科：前半45分）

学習活動	児童の動き、反応	指導者の動き	留意点、補助
導入（5分） 1. どのグラスに入ったジュース(色水)が、一番多いだろう？	■班活動(実験活動)をするため、6班程度に分かれる。	■数種類のグラスに同じ量の色水を入れ、どのグラスに一番たくさん入っているか考えさせる。 ・「今日は、入れ物の形と、水面の高さに注目してほしいです。」	・入れ物(グラス)の形と、液面の高さに注目させたい。

## 資料 2

<p>展開 (35 分)</p> <p>2. 一番水面が高くなるのは、どの入れ物だろう？ (演示実験)</p> <p>3. 今日のみあて (理科) の提示をする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「一番体積の多いやつが低くなる」</li> <li>・「全部同じ高さになるのでは？」</li> <li>・「同じ高さになった。」</li> <li>・「どうして同じ高さになるの？」</li> <li>・「やってみたい」</li> </ul>	<p>■実験装置①(団子、蛇、棒)に色水を入れて、どの入れ物の水面が高くなるか考えさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・入れ物は、管の下でつながっていることを伝える。</li> </ul> <p>■実験装置②(棒が 4 本)を提示し、今日はこの道具を使って、実験することを伝える。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験器具、板書、タブレット端末(もしくは書画カメラ)を使い、実験の様子や実験器具の仕組みを説明する。</li> <li>・色水はガラス棒を伝わせて慎重にゆっくりと入れる。</li> <li>・実験装置②を各班に 1 つずつ配る。</li> </ul>
<p>4. 毛細管現象の秘密を調べよう。(実験)</p>	<p>■実験を始める前に、水面がどうなるのか予想をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「やっぱり同じ高さになるのでは」</li> <li>・「穴の太さが違うよ」</li> <li>・「今度は高さが違うかもしれない」</li> </ul> <p>■各班で、実験装置②を使って、水面の高さを測定する。</p> <p>■実験結果をプリント(ワークシート)にまとめる。</p>	<p>■実験装置②に色水を入れて、どの棒の水面が高くなるか考えさせる。</p> <p>■実験方法と、注意点の説明をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ワークシートの書き方の説明などをする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ワークシート(プリント)を配布する。実験装置が 2 種類あるので、対応したプリントを配る。</li> <li>・予想が出ない場合は、管の太さを確認させ、ヒントを与える。</li> </ul> <p>■実験の注意点</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①乱暴に扱わない。</li> <li>②色水はゆっくり入れる。(空気が入らないように。)</li> <li>③わからないことや、実験してみたいこと、トラブルが発生した時は、授業者と補助者に質問する。</li> </ol> <p>■補助者は 1 人あたり、2 班程度対応をする。</p>



## 資料 3

まとめ (5分) 5. 身のまわりの毛細管現象の紹介 ・ 本時のまとめを行う。		■毛細管現象が、どのような場所で行われているのか説明する。 ・ 「このような不思議な現象のことを、毛細管現象といいます」 ・ 植物が、根から葉まで水を吸い上げられるのはなぜ？	■実験装置を回収する。
算数の授業が終わってもまだ時間が余っていたら、いくつか実験を紹介する。		■表面張力の紹介、毛細管現象を利用した実験などを行う。 ・ 実験道具③(三角柱の入れ物)に水を入れるとどうなるだろうか？ ・ コップからコップへ水を移し替えるには、どうしたらいいだろうか？(コップに触らずに。)	・ 演示実験を行う。 ・ 写真や実験映像を見せる。

## 8. 授業資料

## ①毛細管現象について

『細いガラス管を水の中に立てると、管の中の水面は、外の水面よりも高くなります。この現象は毛細管現象といわれ、水の表面張力やガラスと水のくっつきやすさなどが関係しておこります。

管の内側の直径を  $x$  mm、水面の上昇する高さを  $y$  mm とすると、およそ

$$y = 28/x$$

という式で表される反比例の関係になります。』 啓林館『未来へひろがる 数学1』

→定数「28」は、使ったガラスの物理的性質の性質によって決まると考えられる ( 授業者 )

## ②高い木の上の葉まで水を運ぶしくみ

『...。水は道管の中で、1本の柱となり、とぎれることなく根から葉までつながっています。液体には液体自身が集まろうとする力(凝集力)があるので、この水の柱は上下から引っ張られても、とぎれないようにたえることができます。葉で蒸散が起こると、この水の柱に上へ引き上がる力がはたらきます。また、根のほうからも、水を吸収して上に押し上げる力(根圧)がはたらきます。...』

啓林館『未来へひろがる サイエンス1』

## 資料 4

めあて 『この道具で、水面の高さを調べよう！』

	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">予想</div> 水面の高さは… <hr/>
	理由 : <hr/> <hr/> <hr/>

【実験結果を記録しよう】

	基準面	1	2	3	4
管の太さ ( mm )					
水面の高さ ( mm )					
基準面からの 高さ( mm )					

Memo ( 気付いたことやわかったこと、疑問に思ったことがあれば書いてこう )